

SENSOR AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: JP2001194201
Publication date: 2001-07-19
Inventor(s): WADO HIROYUKI; TAKEUCHI YUKIHIRO
Applicant(s): DENSO CORP
Requested Patent: ☐ JP2001194201
Application Number: JP20000006361 20000112
Priority Number(s):
IPC Classification: G01F1/68; G01P5/12; H01L29/84
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sensor in which the breakdown strength of a diaphragm is enhanced without increasing the thickness of an insulator for the diaphragm and to provide its manufacturing method.

SOLUTION: A hollow part 7 is formed in a part of a substrate 1. A lower- part membrane 8, heaters 3 and thermometeric bodies 5 and fluid thermometers 4 which are constituted of a membrane as well as an upper-part membrane 9 and a reinforcement membrane 10 are laminated in this order on the side of the surface 1a of the substrate 1. The laminated membranes form the diaphragm 2 on the hollow part 7, That is to say, the reinforcement membrane 10 forms the outermost layer on the side of the surface in the diaphragm 2.

Data supplied from the **esp@cenet** database - l2

e

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-194201

(P2001-194201A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 1 F 1/68		G 0 1 F 1/68	2 F 0 3 5
G 0 1 P 5/12		G 0 1 P 5/12	C 4 M 1 1 2
H 0 1 L 29/84		H 0 1 L 29/84	B

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-6361 (P2000-6361)

(22) 出願日 平成12年1月12日 (2000.1.12)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 和戸 弘幸

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72) 発明者 竹内 幸裕

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

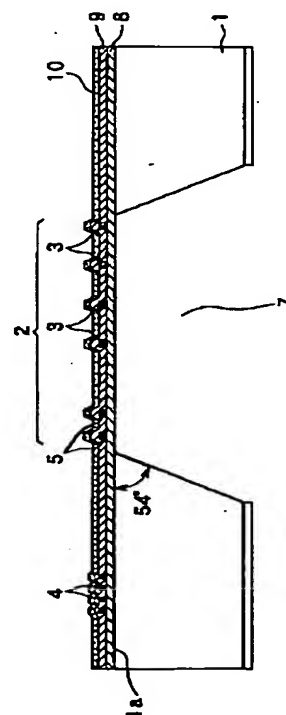
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ダイアフラムの絶縁物の厚さを高めることなく、ダイアフラムの破壊耐圧を向上させたセンサおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 基板1の一部には空洞部7が形成されており、基板1の表面1a側には下部膜8、膜構成のヒータ3および測温体5および流体温度計4、上部膜9、強化膜10がこの順に積層されている。そして、この積層された膜が空洞部7上においてダイアフラム2を形成している。つまり、強化膜10がダイアフラム2における表面側の最外層を形成している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空洞部（7）を有する基台（1）の前記空洞部（7）上に複数の薄膜を積層してなるダイアフラム（2）が設けられており、前記複数の薄膜のうち、最大破壊強度を有する薄膜（10）が前記ダイアフラム（2）の表面側および裏面側の最外層の少なくとも一方に用いられていることを特徴とするセンサ。

【請求項2】 前記最大破壊強度を有する薄膜（10）が、熱CVD法により形成された窒化シリコン膜または炭化シリコン膜、またはスパッタ法により形成されたアルミナ膜であることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項3】 前記最大強度を有する薄膜（10）が熱CVD法により形成された窒化シリコン膜であり、前記窒化シリコン膜の密度が 2.4 g/cm^3 以上 2.6 g/cm^3 以下であることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項4】 前記最大強度を有する薄膜（10）が熱CVD法により形成された炭化シリコン膜であり、前記炭化シリコン膜の密度が 2.6 g/cm^3 以上 3.0 g/cm^3 以下であることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項5】 前記最大強度を有する薄膜（10）がスパッタ法により形成されたアルミナ膜であり、前記アルミナ膜の密度が 3.6 g/cm^3 以上 3.9 g/cm^3 以下であることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項6】 空洞部（7）を有する基台（1）の前記空洞部（7）上にダイアフラム（2）が設けられており、前記ダイアフラム（2）の端部において、前記基台（1）と前記ダイアフラム（2）との間に前記空洞部（7）と連通する隙間（6）が形成されていることを特徴とするセンサ。

【請求項7】 前記ダイアフラム（2）の端部において補強膜（12）が設けられていることを特徴とする請求項6に記載のセンサ。

【請求項8】 前記ダイアフラム（2）に膜構成の発熱体（3）が形成されており、前記補強膜（12）が前記発熱体（3）と同一材料で形成されていることを特徴とする請求項7に記載のセンサ。

【請求項9】 請求項6ないし8のいずれか1つに記載のセンサを製造する方法であって、予め前記基台（1）上に隙間形成用の膜（11a）を堆積させ、この隙間形成用の膜（11a）の上に前記ダイアフラム（2）を構成する膜（8、9）を形成した後、前記空洞部（7）を形成し、続いて、前記隙間形成用の膜（11a）をエッチングすることにより、前記隙間（6）を形成することを特徴とするセンサの製造方法。

【請求項10】 空洞部（7）を有する基台（1）の前記空洞部（7）上に平面形状が多角形であるダイアフラム（2）が設けられており、このダイアフラム（2）の

端部の各辺の少なくとも1つにおいて、前記端部の辺の中央部に配線リード（20）が設けられていることを特徴とするセンサ。

【請求項11】 空洞部（7）を有する基台（1）の表面（1a）側の前記空洞部（7）上に平面形状が多角形であるダイアフラム（2）が設けられており、前記基台（1）における、前記ダイアフラム（2）の幅が最も狭い前記ダイアフラム（2）の端部と接触している部分において、前記空洞部（7）の側壁面（7a）と前記基台（1）の表面（1a）とのなす角が、前記側壁面（7a）と前記基台（1）の表面（1a）とのなす角のうちで最も大きくなっていることを特徴とするセンサ。

【請求項12】 前記側壁面（7a）と前記基台（1）の表面（1a）とのなす角のうちで最も大きい角が 90° 以上であることを特徴とする請求項11に記載のセンサ。

【請求項13】 前記ダイアフラム（2）の端部の各辺の少なくとも1つにおいて、前記端部の辺の中央部に配線リード（20）が設けられていることを特徴とする請求項11または12に記載のセンサ。

【請求項14】 前記配線リード（20）が、前記ダイアフラム（2）の端部の各辺のうち、前記ダイアフラム（2）の幅が最も狭い前記ダイアフラム（2）の端部の辺（2a）以外の辺（2b）に設けられていることを特徴とする請求項10または13に記載のセンサ。

【請求項15】 前記基台（1）が、面方位が（110）であるシリコン基板であることを特徴とする請求項11ないし14のいずれか1つに記載のセンサ。

【請求項16】 前記配線リード（20）が設けられている前記ダイアフラム（2）の端部の辺において、前記配線リード（20）が横切っている長さが、前記端部の辺の長さの50%以上を占めていることを特徴とする請求項10、13、14、15のいずれか1つに記載のセンサ。

【請求項17】 前記ダイアフラム（2）に配線パターンが形成され、前記配線パターンの少なくとも一部を加熱して流体の流量を検出するフローセンサとして用いられることを特徴とする請求項1ないし8、10ないし16のいずれか1つに記載のセンサ。

【請求項18】 前記配線パターンがPtあるいはPt合金であることを特徴とする請求項17に記載のセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ダイアフラムをもつセンサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ダイアフラムを持つセンサとして、基板（基台）の一部に断面が台形状にエッチング加

工された空洞部が形成され、この空洞部に絶縁物が橋絡して形成された数 μm のダイアフラムが構成されたものがある。このような薄いダイアフラム内にマイクロヒータを形成して熱式フローセンサに用いた場合、非常に熱容量が低減され、高応答のセンサとなる。

【0003】そして、このようなダイアフラムは、発熱体材料としてのPt、ポリシリコン、NiCr、Ta、N、SiC、Wなどの導電性材料と、保護膜の効果も兼ねた構造体の形成に用いる MgO 、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 膜などの絶縁物とで形成されていることが多い。

【0004】このようなダイアフラムを構成する絶縁物として、圧縮応力膜を用いた場合には座屈現象が生じ、引張応力膜を用いた場合には強度を高めるために厚くすると膜自身の内部応力によってクラックが生じ破壊したりする場合がある。

【0005】これを回避する方法が、特開平11-271123号公報に開示されている。この公報に記載の技術では、ダイアフラムが膜構成の発熱体の上下を絶縁物からなる薄膜で挟んだものから構成され、その上下の薄膜のそれぞれは圧縮応力膜と引張応力膜とを積層して構成することにより、各絶縁物に生じる圧縮内部応力と引張内部応力とを緩和するようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような熱式センサをエンジン制御に必要な空気量を測定するためのフローセンサに適用させた場合、吸気エアダクトに設置されることからバックファイヤ等による急激な圧力変動が生じる。また一方、数 $10\mu\text{m}$ のダストがエアフィルタを通過し、そのフローセンサの数 μm のダイアフラムに飛来し、衝突する可能性がある。

【0007】このような理由から、ダイアフラムに過大な力が加わり、応力の集中するダイアフラムの端部で破壊する懸念がある。この破壊を防ぐために、ダイアフラムの絶縁物の全膜厚を高めることで、そのダイアフラムの破壊強度を向上させることができるが、膜厚を厚くすると熱容量の低減効果が薄れ、そのセンサの特性は悪化してしまう。

【0008】本発明は上記問題点を鑑みたもので、ダイアフラムの絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラムの破壊耐圧を向上させたセンサおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、空洞部(7)を有する基台(1)の空洞部(7)上に複数の薄膜を積層してなるダイアフラム(2)を設け、複数の薄膜のうち、最大破壊強度を有する薄膜(10)をダイアフラム(2)の表面側および裏面側の最外層の少なくとも一方に用いることを特徴としている。

【0010】ダイアフラム(2)に対して、ダイアフラム(2)の表面側から外力が加わったときは特に表面側の最外層の膜に応力が生じ、裏面側から外力が加わったときは特に裏面側の最外層の膜に応力が生じる。従って、ダイアフラム(2)の最外層に最大破壊強度を有する薄膜(10)を用いることにより、ダイアフラム(2)の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム(2)の破壊耐圧を向上させることができる。

【0011】この最大破壊強度を有する薄膜(10)としては、請求項2に記載の発明のように、熱CVD法により形成された窒化シリコン膜または炭化シリコン膜、またはスパッタ法により形成されたアルミナ膜を用いることができる。

【0012】そして、請求項3、4、5に記載の発明のように、この窒化シリコン膜の密度は $2.4\text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることが好ましく、この炭化シリコン膜の密度は $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることが好ましく、また、このアルミナ膜の密度は $3.6\text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $3.9\text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることが好ましい。

【0013】請求項6に記載の発明では、空洞部(7)を有する基台(1)の空洞部(7)上にダイアフラム(2)を設け、ダイアフラム(2)の端部において、基台(1)とダイアフラム(2)との間に空洞部(7)と連通する隙間(6)を形成することを特徴としている。

【0014】ダイアフラム(2)に対して力が加わると応力がダイアフラム(2)の端部に集中し、特に空洞部(7)側から力が印加された場合、ダイアフラム(2)の端部においてダイアフラム(2)と基台(1)とが接合している部分における基台(1)から破損することがある。本発明によれば、基台(1)とダイアフラム(2)との間に隙間(6)を設けているため、上述のような基台(1)からの破損を防ぐことができ、ダイアフラム(2)の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム(2)の破壊耐圧を向上させることができる。

【0015】この場合、請求項7に記載の発明のように、ダイアフラム(2)の端部において補強膜(12)を設けることにより、ダイアフラム(2)の端部の変形量を抑制できるため、この端部にかかる応力集中を緩和することができ、ダイアフラム(2)の破壊耐圧をさらに向上させることができる。

【0016】また、請求項8に記載の発明のように、この補強膜(12)としてはダイアフラム(2)に形成した発熱体(3)と同一材料のものをを用いることができる。

【0017】請求項9に記載の発明では、請求項6ないし8のいずれか1つに記載のセンサを、予め基台(1)上に隙間形成用の膜(11a)を堆積させ、この隙間形成用の膜(11a)の上に、ダイアフラム(2)を構成する膜(8、9)を形成した後、空洞部(7)を形成

し、続いて、隙間形成用の膜（１１ａ）をエッチングして製造するようにしている。

【００１８】請求項１０に記載の発明では、空洞部（７）を有する基台（１）の空洞部（７）上に平面形状が多角形であるダイアフラム（２）を設け、このダイアフラム（２）の端部の各辺の少なくとも１つにおいて、端部の辺の中央部に配線リード（２０）を設けることを特徴としている。

【００１９】これにより、請求項７に記載の発明のように、ダイアフラム（２）の端部において補強膜（１２）を設ける場合と同様の理由から、ダイアフラム（２）の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム（２）の破壊耐圧を向上させることができる。

【００２０】請求項１１に記載の発明では、空洞部（７）を有する基台（１）の表面（１ａ）側の空洞部（７）上に平面形状が多角形であるダイアフラム（２）を設け、基台（１）における、ダイアフラム（２）の幅が最も狭いダイアフラム（２）の端部と接触している部分において、空洞部（７）の側壁面（７ａ）と基台（１）の表面（１ａ）とのなす角が、側壁面（７ａ）と基台（１）の表面（１ａ）とのなす角のうちで最も大きいことを特徴としている。

【００２１】上述のように、特に空洞部（７）側から力が印加された場合、基台（１）から破損することがある。また、ダイアフラム（２）の端部の各辺のうち、ダイアフラム（２）の幅が最も狭い部分において最も応力が集中する。従って、この１組の辺（２ａ）と接触している空洞部（７）の側壁面（７ａ）と基台（１）の表面（１ａ）とのなす角を大きくすることにより、基台（１）の強度を高めて基台（１）の破壊を防ぎ、ダイアフラム（２）の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム（２）の破壊耐圧を向上させることができる。

【００２２】この場合、請求項１２に記載の発明のように、側壁面（７ａ）と基台（１）の表面（１ａ）とのなす角のうちで最も大きい角が 90° 以上であることが好ましい。

【００２３】また、この場合、請求項１３に記載の発明のように、ダイアフラム（２）の端部の各辺の少なくとも１つにおいて、端部の辺の中央部に配線リード（２０）を設ければ、請求項１０に記載の発明と同様の理由から、さらにダイアフラム（２）の破壊耐圧を向上させることができる。

【００２４】特に、請求項１０または１３に記載の発明では、請求項１４に記載の発明のように、配線リード（２０）を、ダイアフラム（２）の端部の各辺のうち、ダイアフラム（２）の幅が最も狭いダイアフラム（２）の端部の辺（２ａ）以外の辺（２ｂ）に設けると好適である。

【００２５】また、請求項１５に記載の発明では、配線リード（２０）が設けられているダイアフラム（２）の

端部の辺において、配線リード（２０）が横切っている長さが端部の辺の長さの５０％以上を占めることを特徴としている。

【００２６】ダイアフラム（２）に生じる応力は端部の辺における中央部において強いが、この発明によれば、配線リード（２０）のうち応力に対して最も弱い周辺部をダイアフラム（２）の端部の辺における端部に位置させることができるため、配線リード（２０）の周辺部における応力による強度の低下を防ぐことができる。

【００２７】請求項１０ないし１４のいずれか１つに記載の発明では、請求項１６に記載の発明のように、面方位が（１１０）であるシリコン基板である基台（１）を用いると好適である。

【００２８】また、請求項１７に記載の発明のように、上記ダイアフラム（２）に配線パターンを形成し、配線パターンの少なくとも一部を加熱して流体の流量を検出するフローセンサとして用いることができる。

【００２９】また、請求項１８に記載の発明のように、配線パターンにはPtあるいはPt合金を用いると好適である。

【００３０】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【００３１】

【発明の実施の形態】以下の実施形態では、ダイアフラムをもつセンサとしてフローセンサに本発明を適用した場合について示す。

【００３２】（第１実施形態）図１は第１実施形態に係るフローセンサの斜視図であり、図２は第１実施形態に係るフローセンサの断面図であって、図１におけるＡ－Ａ断面を示す図である。

【００３３】図１および図２に示すように、基台としてのＳｉ等からなる基板１の裏面側から空洞部７を設けてダイアフラム２による電氣的絶縁膜を形成している。ダイアフラム２には中央付近に発熱体としてのヒータ３が形成され、このヒータ３の両側のうち、図中の白抜き矢印で示される流体の流れの上流側に測温体５が形成されている。また、測温体５の上流側の基板１には、流体の温度を測定するための流体温度計４が形成されている。

【００３４】このようなフローセンサでは、流体温度計４から得られる流体温度よりも一定温度高い温度になるようにヒータ３を駆動する。そして、流体が流れることにより、図１の白抜き矢印で示す順流においては、測温体５は熱を奪われて温度が下がり、白抜き矢印の逆方向である逆流では熱が運ばれて温度が上がるため、この測温体５と流体温度計４との温度差から流体の流量および流れ方向を検出するものである。このとき、流体温度計４および測温体５を形成している金属配線の抵抗値変動から温度を測定（検出）している。

【００３５】このフローセンサは、図２に示すように、

基板1の一部に、断面形状が台形である空洞部7が形成されている（この台形は基板1の表面1a側の辺が短いものである）。

【0036】また、基板1の表面1a側には下部膜8、膜構成の発熱体としてのヒータ3および測温体5および流体温度計4、上部膜9、強化膜10がこの順に積層されており、この下部膜8と上部膜9が絶縁層に相当する。そして、この積層された膜が空洞部7上においてダイアフラム2を形成している。つまり、ヒータ3等の配線が絶縁層により挟まれており、強化膜10がダイアフラム2における空洞部7とは反対側（以下、表面側という）の最外層を形成している。

【0037】ここで、ヒータ3、測温体5および流体温度計4には、PtやPt合金等の金属膜等が用いられている。また、強化膜10は空洞部7上に積層された膜のなかで、最大破壊強度を有する薄膜である。そして、ダイアフラム2に生じる応力が緩和されるように、下部膜8、上部膜9および強化膜10の膜厚をそれぞれ設定している。

【0038】次に、このような膜構成とした効果を、図3に示す断面図を用いて説明する。圧力やダストの衝突などによりダイアフラム2に表面側から、図中の白抜き矢印で示すように力が加わった場合、ダイアフラム2が変形し、図中のCで示されるダイアフラム2の端部、特に最表面の膜において応力集中が生じる。

【0039】しかし、本実施形態のようにダイアフラム2の表面側の最外層に強化膜10を形成して、ダイアフラム2のうちの応力が集中する部分に強化膜10を設けることにより、表面側からの力に対してダイアフラム2の機械的強度を高めることができる。

【0040】ちなみに、強化膜10を用いずに絶縁層（上部膜9および下部膜8）のみによりダイアフラム2を形成する場合において、本実施形態の様に強化膜10を用いたダイアフラム2と同じ強度をもたせようとする絶縁層の膜厚が増大してしまう。

【0041】以上から、本実施形態によれば、ダイアフラム2の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム2の破壊耐圧を向上させたセンサを提供することができる。

【0042】なお、強化膜10として用いるべき膜は、以下のようにして決定している。引張応力がある程度強い膜を用意し、その上にダイアフラム2を構成するための膜をそれぞれ同じ膜厚堆積させてダイアフラム2を形成する。そして、ダイアフラム2における表面側から力が加わった場合を想定した圧力差をダイアフラム2の表面側と空洞部7側（以下、裏面側という）に与えた場合に破壊圧力が最も高い膜を強化膜10としている。このような方法を用いることで引張応力膜も圧縮応力膜も測定できる。

【0043】次に、本実施形態のフローセンサの製造方

法について、図4に示す工程図を参照して説明する。図4(c)は図1におけるD-D断面に相当する。

【図4(a)の工程】まず、基板1として面方位が(100)であるSi基板を用い、その上に下部膜8を形成する。この下部膜8は、熱CVD法により形成された Si_3N_4 膜とプラズマCVD法により形成された SiO_2 膜の絶縁層となっており、 SiO_2 の圧縮応力膜と Si_3N_4 の引っ張り応力膜を組み合わせることにより、下部膜8に生じる応力を緩和させている。（下部膜形成工程）。

【0044】続いて、ヒータ3、流体温度体4、測温体5および電極取り出し部15を構成する膜としてPt膜を真空蒸着機により200℃で2000Å堆積させる。このとき、接着層として50ÅのTi層をPt膜と下部膜8の間に用いている。その後、エッチングにより、ヒータ3、流体温度体4、測温体5、電極取り出し部15が所定の形状となるようにパターニングする。（パターニング工程）。

【図4(b)の工程】下部膜8と同様に Si_3N_4 膜と SiO_2 膜とを組み合わせた絶縁層として上部膜9を形成する（上部膜形成工程）。その後、上部膜9の上に強化膜10としての熱強化膜である Al_2O_3 膜をスパッタ法によって1000Å形成する（強化膜形成工程）。この強化膜10の膜厚は薄くても効果はある。この Al_2O_3 膜（バルク破壊強度：15.4GPa）は他の SiO_2 膜（バルク破壊強度：8.4GPa）や Si_3N_4 膜（バルク破壊強度：14.0GPa）と比較して破壊強度が高い膜である。

【0045】次に、電極取り出し部15を形成するために、強化膜10および上部膜9を部分的にエッチングする（電極取り出し部形成工程）。

【図4(c)の工程】全面に5000ÅのAu蒸着をした後エッチングを行い、電極取り出し部15を覆うようにエッチング保護膜16を形成する。これは、基板1から外部に配線を取り出すために用いるAu線との密着力を高めるためのものである。（エッチング保護膜形成工程）。

【0046】そして、空洞部7を形成させるように基板1の裏面に堆積させた Si_3N_4 膜を部分的にエッチングし基板1を露出させる。その他の部分はTMAH液に耐性のある Si_3N_4 や SiO_2 膜およびAu膜により保護されている。その後、TMAH溶液によって裏面からSi基板1の異方性エッチングを行い空洞部7を形成する。（空洞部形成工程）。以上のようにして、図1および図2に示すフローセンサを形成することができる。

【0047】なお、上記した製造方法において、ヒータ3、流体温度計4、測温体5およびこれらの電極取り出し部15を形成する膜としては、Pt膜以外に、ポリシリコン、NiCr、Ta₂N、SiC、Wなどを用いることができる。また、上部膜9および下部膜8は、基板1

上に形成するための構造体となることができ、ヒータ3等を保護できるものであれば、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 MgO 膜などの単一膜あるいは多層膜でも良い。

【0048】また、強化膜10について留意しなければならない点は、このような薄膜を形成する場合は、材質が同じであっても堆積法が異なると破壊強度は極端に変わることがあることである。例えば、 SiO_2 膜はバルクでの破壊強度は8.4 GPaであるが、プラズマCVD法で形成した SiO_2 膜では1.0 GPaと大幅に低下してしまう。そのため、用いる膜の破壊強度は上述した方法で概略値を調べておくことが重要である。

【0049】ここで、強化膜10としては上部膜9および下部膜8として用いた膜のうち、最も破壊強度が高い膜を再度用いても良い。また、強化膜10として用いる Al_2O_3 膜は密度が3.6~3.9 g/cm³であることが好ましい。

【0050】その他、熱CVD膜により形成した Si_3N_4 膜や SiC 膜などは破壊強度が高く、また半導体プロセスとの整合も高いため強化膜10に適している。また、この Si_3N_4 膜は密度が2.4~2.6 g/cm³であることが好ましく、 SiC 膜は密度が2.6~3.0 g/cm³であることが好ましい。

【0051】また、エッチング保護膜16は、接続配線と接着できる材料であれば何でも良く、またAu以外の材料でもエッチング耐性があり接続配線と接着できる材料であれば何でも良い。また、空洞部7を形成するためのエッチングはTMAH溶液による異方性エッチングに限らず、空洞部7が形成できれば何でも良い。

【0052】次に、第1実施形態の変形例を示す。図5は第1実施形態の変形例に係るフローセンサの断面図である。図5に示すように、基板1上の積層された膜構成の部分において、強化膜10が最も下に形成されており、その上に、下部膜8、膜構成のヒータ3および流体温度計4および測温体5、上部膜9がこの順に積層されている。

【0053】ダイアフラム2の裏面側から力が加わった場合、ダイアフラム2の裏面側の最外層の端部に応力集中が生じるため、裏面側の最外層に強化膜10を用いることにより、上記表面側の最外層に強化膜10を用いた場合とは逆に、裏面側からの力に対してダイアフラム2の強度を高めることができる。

【0054】なお、強化膜10をダイアフラム2の表面側と裏面側の両方に配置することで、表面側からの力に対しても裏面側からの力に対してもダイアフラム2の強度を高めるようにしても良い。

【0055】(第2実施形態) 図6は第2実施形態に係るフローセンサの断面図である。以下、主として、第1実施形態の図2と異なる点について述べ、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0056】第1実施形態と異なるのは、強化膜10を用いておらず、ダイアフラム2の端部において空洞部7と連通する隙間6が設けられている点である。図6に示すように、下部膜8の下、つまり、基板1の上に隙間形成用の膜である犠牲層膜11が形成され、その上に、下部膜8、膜構成のヒータ3および流体温度計4および測温体5、上部膜9がこの順に積層されている。

【0057】そして、犠牲層膜11は空洞部7上までは形成されておらず、ダイアフラム2よりも一回り大きな開口が形成された状態となっている。そのため、基板1の表面1a側において空洞部7により基板1に対して形成された鋭角な端部は、基板1上に形成されたダイアフラム2と接触せずに、基板1における鋭角な端部とダイアフラム2との間には隙間6が形成されている。

【0058】ところで、ダイアフラム2の裏面側からの力が印加された場合、ダイアフラム2を構成している下部膜8ではなく、基板1の鋭角な部分で破壊が生じることが多い。このため、図6に示すように隙間6を設けた構造にして、基板1の鋭角な部分に力が加わらないようにすることで、基板1からの破損を防ぐことができる。従って、ダイアフラム2の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム2の破壊耐圧を向上させることができる。

【0059】次に、上記したフローセンサの製造方法について、図7に示す工程図を参照して説明する。

【図7(a)の工程】まず、基板1としての面方位が(100)である Si 基板を用い、初めに犠牲層膜11となる SiO_2 膜11aを一面に熱酸化により3000Å形成する。続いて、熱CVD法により形成された Si_3N_4 膜とプラズマCVD法により形成された SiO_2 膜の絶縁層である下部膜8を形成する。このとき犠牲層膜11を形成するために SiO_2 膜11aを用いたため、 Si_3N_4 膜を下として下部膜8を形成する。次に、第1実施形態のバタニング工程を行う。

【図7(b)の工程】その後、第1実施形態の上部膜形成工程、および電極取り出し部形成工程を行う。

【図7(c)の工程】次に、第1実施形態のエッチング保護膜形成工程、および空洞部形成工程を行う。その後、犠牲層膜11となる SiO_2 膜11aをフッ酸のウェットエッチングを行うことにより所望の形状にし犠牲層膜11を形成する。このとき下部膜8における下の膜に Si_3N_4 膜があるため、犠牲層膜11となる SiO_2 膜11aのみエッチングされ、基板1の鋭角な部分とダイアフラム2との間に隙間6を設けることができる。以上のようにして、図6に示すフローセンサを完成させることができる。

【0060】なお、第1実施形態で用いた強化膜10を下部膜8の下に形成することで、さらにダイアフラム2の強度を高めるようにしても良い。また、基板1とダイアフラム2の端部との間の全てに隙間6を設ける例につ

いて示したが、基板1上の犠牲層膜11となる SiO_2 膜11aを完全に除去せずに、 SiO_2 膜11aの残った部分をそのままダイアフラム2を構成する下部膜8として取り扱っても良い。また、上記製造方法において、第1実施形態と同様の構成は省略した。

【0061】次に、第2実施形態の変形例を示す。図8は第2実施形態の変形例に係るフローセンサの断面図である。図8に示すように、犠牲層膜11の空洞部7側の端部の上部においてヒータ3と同一の層に同一の材料からなる膜が補強膜12として挿入されている。また、この補強膜12は、ヒータ3、流体温度計4、測温体5および電極取り出し部15と同様にして形成することができる。

【0062】このような構造とすることで、製造工程を増やすことなく、ダイアフラム2の端部の変形量を抑制でき、この端部に生じる応力集中を緩和することが可能となる。

【0063】なお、この補強膜12は、ヒータ3と同一材料でなくても良く、その形成位置も、上部膜9の上部あるいは下部膜8の下部等に設け、ヒータ3と同一の層に形成しなくても良い。また、補強膜12を配置する場所はダイアフラム2の端部全体が望ましいが、ダイアフラム2の変形時に最も応力がかかるダイアフラム2の端部の辺の中央部、特に、辺の長さが長い部分の中央部に配置するだけでもダイアフラム2の強度を向上させることができる。

【0064】(第3実施形態)図9は本発明の第3実施形態に係るフローセンサの斜視図であって、図10

(a)は図9におけるE-E断面図であり、(b)は図9におけるF-F断面図であり、(c)は図9におけるG-G断面図である。以下、主として、第1実施形態の図1および図2と異なる点について述べ、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0065】基板1としては面方位が(110)である Si 基板を用いている。また、基板1の裏面側に堆積させている Si_3N_4 膜を六角形にエッチングした後、基板1を異方性エッチングすることにより空洞部7を形成している。従って、空洞部7は基板1の面方向の形状が六角形になっているため、ダイアフラム2は六角形となっている。そして、基板1における、ダイアフラム2の幅が最も狭い(短い)ダイアフラム2の端部の辺2a、つまり、ダイアフラム2の端部の各辺のうち対向する辺の間の距離が最も短い1組の辺2aと接触している部分において、空洞部7の側壁面7aと基板1の表面1aとのなす角 α_1 が 90° となっている。このダイアフラム2の幅が最も狭い端部の辺2aは、図9におけるE-E断面で切断されており、図10(a)において、このE-E断面が示されている。

【0066】そして、図9におけるF-F断面、G-G断面を示す図10(b)、(c)のように、その他のダ

イアフラム2の端部の辺2bと接触している空洞部7の側壁面7aと、基板1の表面1aとのなす角は、F-F断面における角 α_2 は 36° となっており、G-G断面における角 α_3 は 90° となっている。

【0067】また、ダイアフラム2の幅が最も狭い端部の辺2a以外の辺2bにおいて、ヒータ3および測温体5に電流を流すための配線リード20を、辺2bの中央部付近にその辺2bの長さの50%以上を占めるように広く配設している。なお、この配線リード20はヒータ3と同一の層に形成され同一の材料からなるものである。

【0068】ところで、特に、ダイアフラム2の裏面側から力が印加された場合、上記第2実施形態に記述したように、ダイアフラム2を形成している下部膜8ではなく、基板1の鋭角な部分で破壊が生じることが多い。従って、本実施形態のように、最も応力の集中するダイアフラム2の幅が最も狭い端部において、空洞部7の側壁面7aと基板1の表面1aとの角度を 90° とする、つまり強度の低下を引き起こす鋭角な成分をなくすことにより、ダイアフラム2の絶縁層の厚さを高めることなく、ダイアフラム2の破壊耐圧を向上させることができる。

【0069】図9におけるF-F断面、つまり図10(b)においては、基板1の表面1a側に鋭角な部分ができるが、その鋭角な部分と接触するダイアフラム2の端部に生じる応力はダイアフラム2の幅が最も狭い端部よりも低いため、全体としてはダイアフラム2の強度を大幅に高めることができる。

【0070】ただし、本実施形態では、ダイアフラム2の幅が最も狭い端部の辺2a以外の辺2bに配線リード20を配設しているため、基板1において空洞部7により鋭角な部分が形成されている部分と接触しているダイアフラム2の端部において配線リード20を配置することになる。従って、上記形状の空洞部7を有するフローセンサのダイアフラム2において、強度の低下が生じる場所の強度を向上させることが可能であり、全体のダイアフラム2の強度をさらに高めることができる。

【0071】この配線リード20をダイアフラム2の端部の辺2bの中央部付近に広く配設する理由を以下に述べる。配線リード20の端部では、力が加わった場合に配線リード20の有無によりその変形量に差が生じるため、配線リード20の端部においてせん断応力が働き、破壊が生じ易くなる。

【0072】そのため、ダイアフラム2の変形により応力が最も強くかかるダイアフラム2の端部の中央部付近に配線リード20の端部(リード端)があると強度低下を招くため、応力が中央部付近よりも低くなるダイアフラム2における端部の辺の端部(両端付近)まで配線リード20を広げることで、この配線リード20の端部による強度劣化を回避できる。また、同時にダイアフラム

2の端部における中央部に配線リード20を配設することで、その端部における変形量を抑えることができ、強度を高めることができる。

【0073】このように配線リード20を配設させることは、ダイアフラム2の表面側から力が印加された場合にも大きな効果がある。また、図11の斜視図のように、ダイアフラム2の端部全てに配線リード20を配設することでさらにダイアフラム2の強度を高めることができる。

【0074】なお、空洞部7の側壁面7aと基板1の表面1aとがなす角は90°に限らず、90°以上としても良い。また、基板1として面方位が(110)であるSiを用いる例について記載したが、これに限らず、ダイアフラム2の幅が最も狭い端部の辺2aと接触する基板1に形成される鋭角な部分(基板1の表面1aと側壁面7aとで形成される角度が90°以下の部分を指す)を低減し、90°に近づける、または90°以上にすることが重要である。なお、上記フローセンサの製造方法は、第1実施形態において強化膜10を形成しない場合と同様である。

【0075】なお、上記第1～第3実施形態においては、基板1に設けた空洞部7上にダイアフラム2を形成した構成となっているフローセンサについて示したが、例えば、ダイアフラムがブリッジ状に形成されたフローセンサについて本発明を適用してもよい。その他、本発明は、ガスセンサや湿度センサ等、ダイアフラムを有するセンサに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係るフローセンサの斜視図である。

【図2】第1実施形態に係るフローセンサの断面図である。

【図3】第1実施形態の効果を説明するためのフローセンサの断面図である。

【図4】第1実施形態に係るフローセンサの工程図である。

【図5】第1実施形態の変形例に係るフローセンサの断面図である。

【図6】第2実施形態に係るフローセンサの断面図である。

【図7】第2実施形態に係るフローセンサの工程図である。

【図8】第2実施形態の変形例に係るフローセンサの断面図である。

【図9】第3実施形態に係るフローセンサの斜視図である。

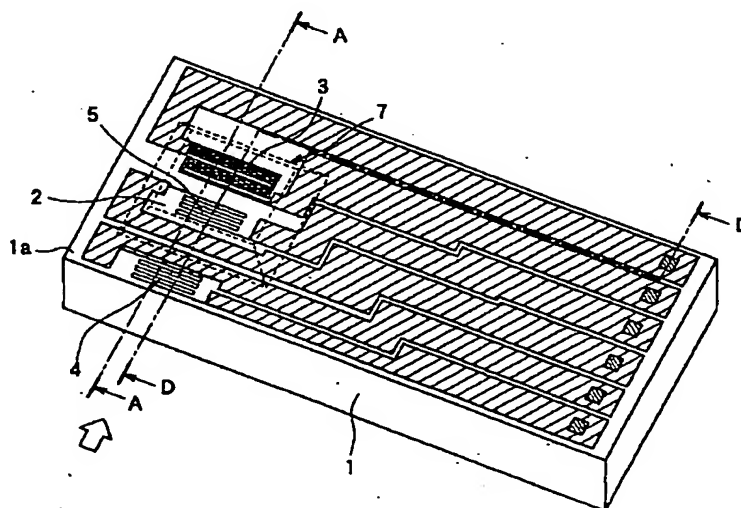
【図10】第3実施形態に係るフローセンサの断面図である。

【図11】第3実施形態に係るフローセンサの他の例を示す斜視図である。

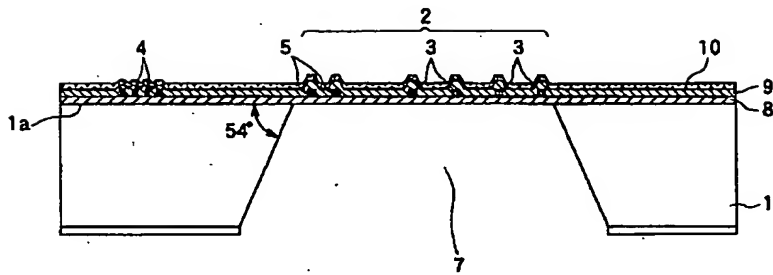
【符号の説明】

1…基板、2…ダイアフラム、3…ヒータ、4…流体温度計、5…測温体、6…隙間、7…空洞部、8…下部膜、9…上部膜、10…強化膜、11…犠牲層膜、12…補強膜、15…電極取り出し部、16…エッチング保護膜、20…配線リード。

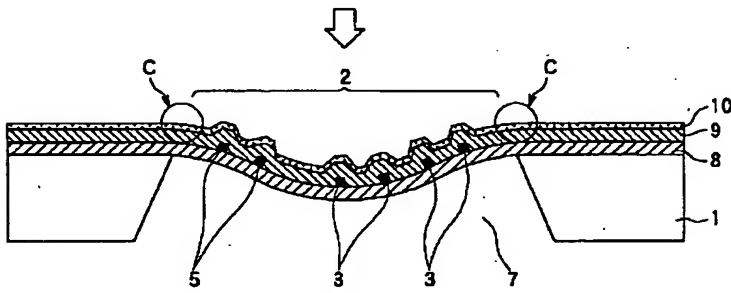
【図1】



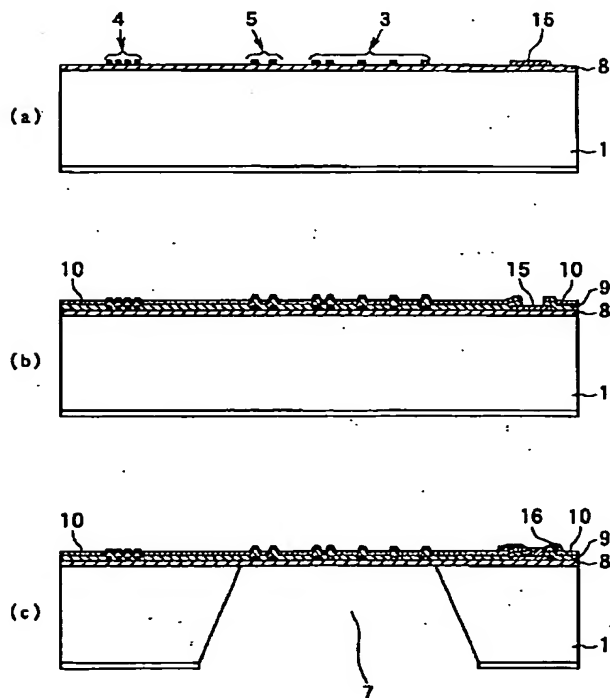
【図 2】'



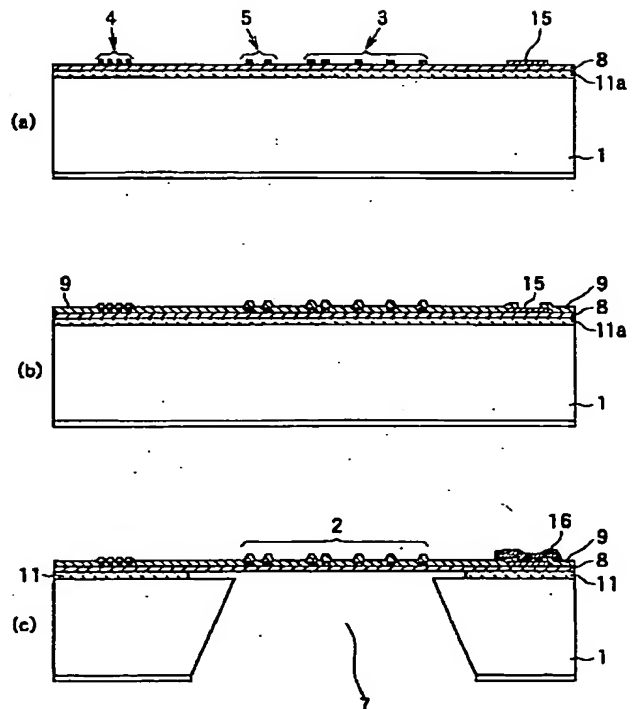
【図 3】



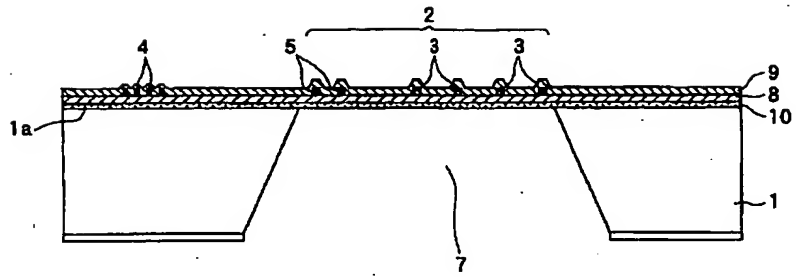
【図4】



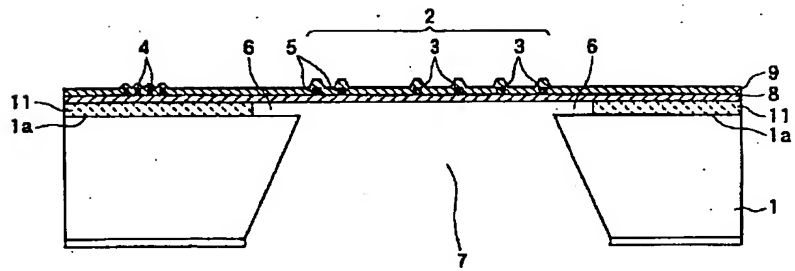
【図 7】



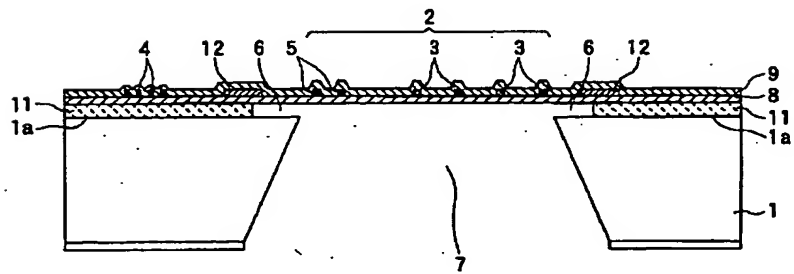
【図5】



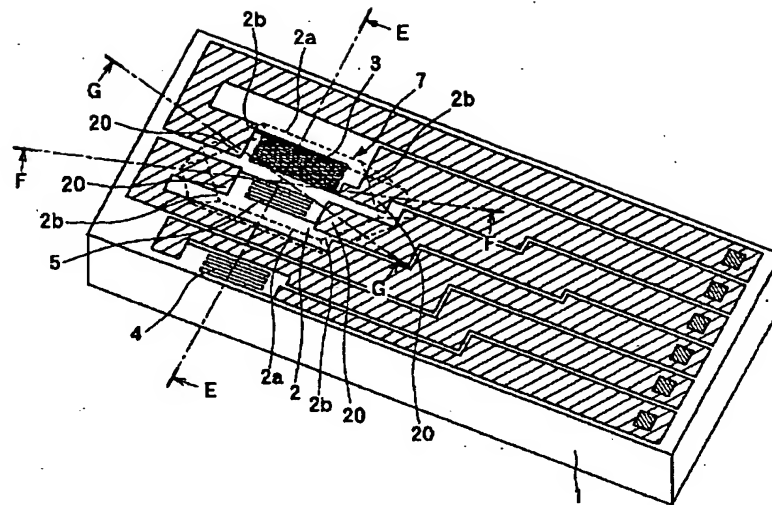
【図6】



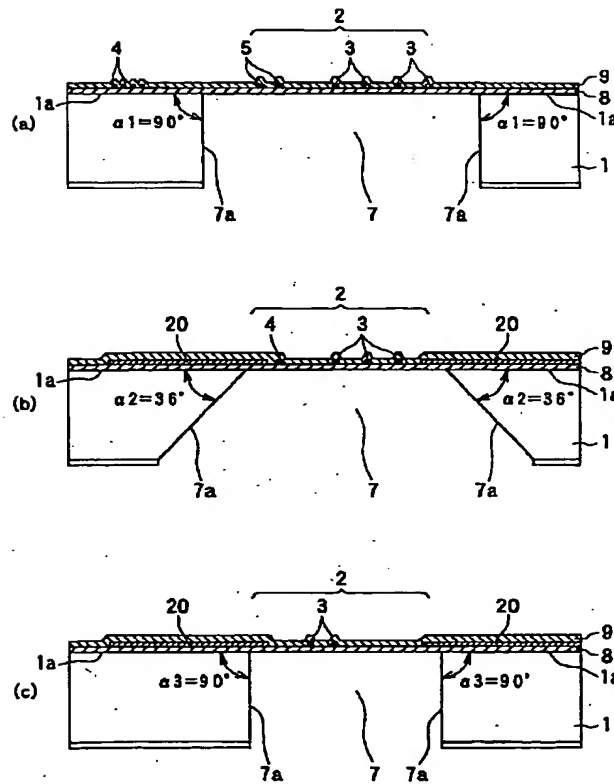
【図8】



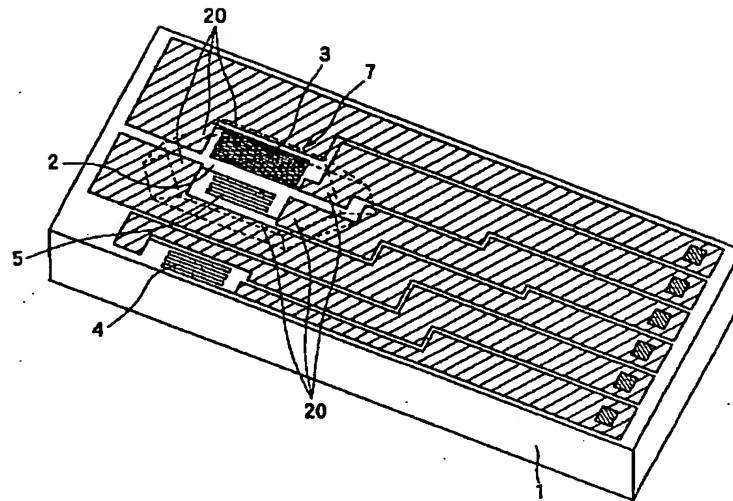
【図9】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F035 AA02 EA08
4M112 AA10 CA02 CA05 CA11 DA02
DA06 DA09 EA03 EA06 EA07
EA12